



EP99/8134

ACKNOWLEDGEMENT RECEIPT
DATE: 04 JAN 2000
WIPO PCT

**Bescheinigung**

ETU

Best Available Copy

Die Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung eV in München/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Multi-Carrier Spread-Spectrum Technik zur Datenübertragung über DSL-Kanäle"

am 27. Oktober 1998 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig die Symbole H 04 B und H 04 L der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 1. Dezember 1999

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

*Waasmaier*

Waasmaier

Aktenzeichen: 198 49 553.6

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

## Darstellung der Erfindung

- 1) Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen und Begriffe.
- 2) Beschreibung der Situation der DSL-Übertragung.
- 3) Stand der Technik zur DSL-Übertragung höherer Datenraten mittels Multiträgerverfahren.
- 4) Beschreibung der Erfindung.
- 5) Zusammenstellung der besonders schützenswerten Ansprüche des neuartigen Verfahrens zur Verbesserung von Multiträgersystemen jeder Art sowie allgemein von Übertragungssystemen mit mehreren Übertragungskanälen.

---

6) Anmerkungen zur Theorie.

---

7) In Erfahrung gebrachte Literatur zum Stand der Wissenschaft digital subscriber line.  
Telephonanschlußleitung zwischen Vermittlungsstelle und Teilnehmer

---

8) Bilder und Diagramme

---



---

## 1) Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen und Begriffe.

ADSL: advanced digital subscriber line.

C/N: carrier-to-noise-ratio. Leistungsverhältnis von Trägerleistung zu Störleistung.

FEC: forward error correction. Vorwärtsfehlerkorrekturverfahren. Fehlerkorrektur mittels zusätzlicher, mit der Information mit übertragener Redundanz.

QAM: Quadratur-Amplitudenmodulation. Amplitudenmodulation zweier orthogonaler Trägersignale gleicher Frequenz mit zwei unabhängigen Modulationssignalen.

TP: Tiefpass.

Bitloadingfaktor: Anzahl  $x$  der Information in Bit, welche einem Modulationssymbol bei der Modulation mittels eines  $2^x$ -stufigen Modulationsverfahrens aufgeprägt wird.

---

## 2) Beschreibung der Situation der DSL-Übertragung.

Die hochratige Datenübertragung in bestehenden Telephonnetzen zwischen Vermittlungsstelle und Endstelle gewinnt mit der Einführung neuer Internet-Dienste zunehmend an Bedeutung. Aus Kostengründen stehen hierfür vorerst nur die vorhandenen Cu-Kabel zur Verfügung. Diese wurden ursprünglich jedoch ausschließlich für die Übertragung niederfrequenter Sprachsignale dimensioniert und weisen ein ausgeprägtes Tiefpassverhalten auf. Mittels entsprechender Leitungscodes gelingt die Datenübertragung von 144 kBit/Sec. über Entfernungen bis etwa 5 km (ISDN-Basisanschluß) und - abhängig von der Qualität des Kabels und der vorhandenen Störumgebung - von 2 Mbit/Sec. über Entfernungen von 2 - 3 km (ISDN-Primärgruppenanschluß). Bei diesen Verfahren kommen niederstufige, meist ternäre oder quaternäre Modulationsverfahren zur Anwendung.

---

Wegen der mit der Frequenz stark zunehmenden Leitungsdämpfung und der starken Zunahme von Störungen zwischen einzelnen benachbarten Leitungspaaren eines Kabels eignen sich die erwähnten Verfahren mit ihren Leitungscodes jedoch nicht zur Übertragung noch höherer Bitraten.

### 3) Stand der Technik zur DSL-Übertragung höherer Datenraten mittels Multiträgerverfahren.

Zur Übertragung höherer Datenraten wurden in jüngster Vergangenheit die aus der Theorie seit langem bekannten Vielträgerverfahren mit spektraler Anpassung an den Übertragungskanal für den praktischen Einsatz entwickelt. Diese Verfahren ermöglichen durch ihre virtuelle Aufteilung des Übertragungskanals in zahlreiche einzelne Teilkanäle eine bessere Ausnutzung des Übertragungskanals. Teilkanäle im unteren Frequenzbereich weisen aufgrund der niedrigeren Leitungsdämpfung und des geringeren Übersprechenens zwischen benachbarten Adernpaaren beim Empfänger ein wesentlich höheres Signal/Störgeräusch-Verhältnis (C/N-Verhältnis) auf als Teilkanäle in höheren Frequenzbereichen. Hierdurch wird es möglich in niederfrequenten Teilkanälen durch Anwendung höherstufiger Modulationsverfahren mehr Information je Modulationssymbol zu übertragen. Insgesamt ergibt sich damit eine höhere Gesamtübertragungsrate. Der gültige Standard für das Übertragungsverfahren ADSL sieht z.B. die Aufteilung des Frequenzbereichs 26 kHz bis 1104 kHz in insgesamt 248 Teilkanäle mit je 4.35 kHz Bandbreite vor. Für die Übertragung in den tieffrequenten Teilkanälen sieht der Standard dann die Anwendung eines 2<sup>15</sup>-QAM-Modulationsverfahrens mit einer Informationsrate von 15 Bit/Modulationssymbol vor, wohingegen in den obersten Teilkanälen lediglich ein 4-QAM-Modulationsverfahren mit einer Informationsrate von 2 Bit/Modulationssymbol zur Anwendung kommt. Die Stufenzahl der in den einzelnen Teilkanälen zur Anwendung kommenden Modulationsverfahren erniedrigen sich entsprechend dem mit der Frequenz abnehmenden C/N-Verhältnis. Insgesamt ergibt sich eine Bruttoübertragungsrate von ca. 8 Mbit/Sec. innerhalb eines Frequenzbereiches von 26 kHz bis 1104 kHz, was einer Bandbreiteneffizienz von ca. 7,6 Bit/Hz entspricht. Legt man die im Standard angeführten Kabelkonfigurationen zugrund so ergibt sich eine überbrückbare Entfernung von ca. 6 km.

Nachteilig an dem beschriebenen Verfahren sind u.a. folgende 2 Punkte:

1) Trotz der spektralen Effizienz von ca. 7,6 Bit/Hz erfordert das Verfahren für die digitale Signalverarbeitung eine digital-analog- und analog-digital-Wandlung mit einer Genauigkeit von deutlich mehr als 15 Bit, mithin das Doppelte der tatsächlichen Bandbreiteneffizienz des Übertragungsverfahrens. Diese Genauigkeit ist erforderlich damit die gesamte in den unteren Teilkanälen übertragene Information fehlerfrei codiert und decodiert werden kann. Da diese Wandlung mit mindestens der doppelten Frequenz des obersten Teilkanals erfolgen muß ergeben sich gravierende Implementierungsnachteile. Auch muß sichergestellt sein, daß die gesamte Signalverarbeitung bis zum Entscheider, z.B. die erforderliche Fourier-Transformation, mit einer Genauigkeit durchgeführt wird bei der sichergestellt ist, daß auftretende Rundungsfehler die einwandfreie Dekodierung der Information in niederfrequenten Teilkanälen nicht beeinträchtigen.

- 2) Die für die einzelnen Teilkanäle verwendeten Modulationsverfahren lassen sich nur in Schrittweiten von Potenzen von 2 anpassen. Mithin kann erst dann von einem  $2^X$ -stufigen Modulationsverfahren auf ein  $2^{X+1}$ -stufiges Modulationsverfahren übergegangen werden wenn sich das C/N-Verhältnis im jeweiligen Teilkanal um den Faktor 2 erhöht hat. Eine geringere Erhöhung des C/N-Verhältnis kann direkt nicht genutzt werden.

Die geschilderten Zusammenhänge sind in Bild 2 dargestellt. Die kontinuierlich abfallende Kurve gibt das sich aufgrund der Kabeldämpfung ergebende C/N über der Frequenz wieder. Dabei wird von einem Störgeräusch mit konstanter spektraler Störleistungsdichte  $N_0$  ausgegangen. Die treppenförmig absteigende Kurve gibt das bei Verwendung eines  $2^X$ -Modulationsverfahrens nutzbare C/N-Verhältnis an. Der abrupte Abbruch der Treppenkurve resultiert aus der Tatsache, daß auch beim angewandten niederstufigsten Modulationsverfahren 4-QAM (oder auch 2-QAM) ein gewisses minimales C/N-Verhältnis gegeben sein muß, um eine bestimmte Bitfehlerrate sicherzustellen. Dieser Wert ergibt sich u.a. aus der gewünschten Zuverlässigkeit der Übertragung und dem gewünschten Aufwand für den FEC. Er wird im Rahmen dieser Arbeit als Implementierungsmargin bezeichnet. Im angeführten Beispiel wird ein Wert von 14 dB zugrunde gelegt.

#### 4) Beschreibung der Erfindung.

Die Grundidee der Erfindung kann nun mittels Bild 3 beschrieben werden. In diesem Bild ist die sich ergebende Rauschleistungsverteilung innerhalb eines bestimmten Frequenzbereichs für den Fall dargestellt, daß mittels eines Kanalentzerrers der Kanal so entzerrt wurde, daß sich für die Gesamtübertragungsfunktion ein konstanter Wert ergibt. Eine solche Entzerrung des Frequenzgangs ist zwangsläufig mit einer Anhebung der Rauschleistung im oberen Frequenzbereich verbunden. Diese Anhebung der Rauschleistungsdichte ist in Bild 3 dargestellt. Ebenfalls dargestellt ist die für ein bestimmtes Übertragungsverfahren zulässige Rauschleistungsdichte. Da diese lediglich vom gewählten Modulationsverfahren abhängt ergibt sich hierfür im Diagramm ein von der Frequenz unabhängiger konstanter Wert. Unterhalb einer bestimmten Frequenz  $F_G$  ist die tatsächliche Rauschleistungsdichte geringer als zulässig. Hieraus resultiert eine höhere als die erforderliche Zuverlässigkeit der in diesem Frequenzbereich mittels  $2^X$ -QAM übertragenen Modulationssymbole, es kann jedoch nicht zu einem höherstufigen  $2^{X+1}$ -QAM-Modulationsverfahren übergegangen werden, da hierfür ein Rückgang der Rauschleistungsdichte um den Faktor 2 erforderlich wäre. Oberhalb der Frequenz  $F_G$  kann ein  $2^X$ -stufiges Modulationsverfahren nicht mehr angewendet werden, da wegen der höher als zulässigen Rauschleistungsdichte die Modulationssymbole nicht mit der geforderten Sicherheit übertragen werden können. In diesem Frequenzbereich muß ein  $2^{X-1}$ -QAM-Modulationsverfahren verwendet werden.



15.12.99

Es bietet es sich nun an durch zusätzliche Orthogonaltransformationen (vgl. Bild 1 unten) eine Vergleichmäßigung des Verlaufs der Rauschleistungsdichte über Frequenz herbeizuführen und zwar derart, daß für Frequenzen unterhalb von  $F_G$  ein Anstieg der Rauschleistungsdichte bis zum für ein 2<sup>x</sup>-QAM-Modulationsverfahren maximal zulässigen Wert zugelassen wird, andererseits aber oberhalb  $F_G$  die Rauschleistungsdichte bis zu einer Frequenz  $F_{G1}$  auf den maximal zulässigen Wert gesenkt werden kann. Hierbei wird jede zu übertragende Information durch Transformation eines Informationsvektors allen Modulationssymbolen innerhalb des betrachteten Frequenzbereichs aufgeprägt. Im Empfänger ist dann eine entsprechende Rücktransformation erforderlich. Bei dieser Rücktransformation erfolgt gleichzeitig eine gewichtete Addition der Störampplituden der einzelnen Modulationssymbole. Besitzt die Rücktransformationsmatrix die Eigenschaft, daß sämtliche Elemente einer jeden Zeile den Betrag 1 besitzen so entspricht die gewichtete Addition der Rauschstörbeiträge einer Mittelung. Hierdurch wird es möglich ein bestimmtes 2<sup>x</sup>-Modulationsverfahren über die Frequenz  $F_G$  hinaus bis zur Frequenz  $F_{G1}$  für die Übertragung zu verwenden. Die Differenz aus der Rateneffizienz des 2<sup>x</sup>-Modulationsverfahrens zur Rateneffizienz des sonst im Frequenzbereich  $F_G \dots F_{G1}$  zur Anwendung kommenden 2<sup>x</sup>-QAM-Modulationsverfahrens multipliziert mit der Bandbreite  $F_{G1} - F_G$  ergibt den durch die Erfindung erzielbaren Ratengewinn an.

Durch die am Beispiel eines isolierten Teilkanals geschilderte Vergleichmäßigung ergibt sich insgesamt eine nach oben verschobene Aufteilung der Teilkanäle (vgl. Bild 4). Aus Bild 4 ist deutlich erkennbar wie sich die oberen Frequenzgrenzen der einzelnen Teilkanäle über die monoton fallende Kurve für das  $G/N$  hinaus verschoben haben. Diese Kurve bestimmt bei herkömmlichen Verfahren die obere Frequenzgrenze der Teilkanäle. In Bild 5 ist die sich ergebende Verteilung der Bitloadingfaktoren über der Frequenz für das herkömmliche und das neuartige Verfahren dargestellt. Der Ratengewinn ist aus diesem Bild direkt ablesbar, er entspricht der von beiden Kurven umschlossenen Fläche längs des Treppenverlaufs. Die umschlossene Fläche entspricht der mit herkömmlichen Verfahren nicht direkt nutzbaren Kanalkapazität.

Der erzielbare Ratengewinn kann sowohl zur Erhöhung der übertragbaren Nutzinformationssrate als auch bei Verwendung von FEC-Verfahren zur Erhöhung der Zuverlässigkeit der Übertragung verwendet werden. Unter praktisch sinnvollen Randbedingungen ( $C/N$ ) genügt ein Teil der gewonnenen zusätzlichen Übertragungsrate um den durch die Vergleichmäßigung des Frequenzbereichs entstandenen Zuverlässigkeitsverlust der Modulationssymbole im Frequenzbereich unterhalb  $F_G$  durch einen FEC auszugleichen, der für den FEC nicht benötigte Teil des Ratengewinns steht als Nettoratengewinn zur Verfügung.

Reduzierung der Bitloadingfaktoren für eine bestimmte Datenrate.

Aus den Bildern 2, 4 und insbesondere 5 ist deutlich erkennbar, daß das Verfahren in der bisher geschilderten Vergleichmäßigung nur innerhalb einzelner Teilkanäle nicht zu einer

Verringerung der Bitloadingfaktoren führt. Eine solche Verringerung wäre aber wünschenswert, da die hohen Bitloadingfaktoren in den unteren Teilkanälen maßgeblich den Implementierungsaufwand für die erforderlichen D/A- und A/D-Wandlungen und die Arithmetik bestimmen. Eine Verringerung der Bitloadingfaktoren wird aber möglich, wenn man die Vergleichmäßigung über mehrere Teilkanäle oder im Grenzfall über den Gesamtkanal erstreckt. Dies sei anhand von Bild 7 erläutert. In dem Bild ist der Zusammenhang zwischen erzielbaren Datenraten (Ordinate) und vorgebbaren maximalen Bitloadingfaktoren (Abszisse) für die beiden Strategien „Vergleichmäßigung über mehrere Teilbänder“ und „Vergleichmäßigung über den Gesamtkanal“ dargestellt. Das Bild zeigt zwei von links unten nach rechts oben monoton ansteigende und eine parabelförmig verlaufende Kurve. Die untere monoton ansteigende Kurve zeigt die mit herkömmlichen Verfahren (vgl. Bild 2), die obere monoton ansteigende Kurve die mit dem neuartigen Verfahren (vgl. Bild 4) erzielbaren Übertragungsraten bei Beschränkung der Bitloadingfaktoren auf einen vorgegebenen maximalen Wert. Die parabelförmige Kurve zeigt die sich ergebenden Übertragungsraten bei Vergleichmäßigung des gesamten Übertragungskanals (vgl. Bild 6).

Gibt man als Entwurfskriterium für ein Übertragungssystem eine bestimmte Übertragungsrate vor so erkennt man aus Bild 7, daß das neue System im Bereich hoher Übertragungsraten eine signifikante Reduzierung des erforderlichen maximalen Bitloadingfaktors ermöglicht. Für den Fall gleicher Bruttoübertragungsraten in beiden Systemen (= gleiche Nettodatenraten und gleiche Redundanz für den FEC) ergibt sich dies anschaulich durch eine waagrechte Gerade mit dem Ordinatenwert der vorgegebenen Datenrate. Die Abszissenwerte der Schnittpunkte beider Systemkurven mit der Geraden ergeben die erforderlichen Bitloadingfaktoren wobei unmittelbar ersichtlich ist, daß das neue System grundsätzlich geringere Bitloadingfaktoren benötigt. Die Differenz der Bitloadingfaktoren wird mit zunehmender Datenrate immer signifikanter. Für den Fall ungleicher Bruttoübertragungsraten in beiden Systemen (= gleiche Nettodatenraten aber ungleiche Redundanz für den FEC) ergeben sich unter praktischen Verhältnissen mit einer FEC-Redundanz in der Größenordnung von 1 % ... 3 % die selben (ganzzahligen) Werte für die erforderlichen maximalen Bitloadingfaktoren. Lediglich im Bereich sehr großer Datenraten, im Bild 7 rechts oben, ergeben sich im Vergleich zur gleichen Bruttoübertragungsrate geringfügig geringere Differenzen der erforderlichen Bitloadingfaktoren.

Den Fall der Vergleichmäßigung des gesamten Übertragungskanals beschreibt die parabel-förmige Kurve. Ihr Maximum und ihr Abknicken bei höherer Bitloadingfaktoren erklärt sich aus der ausgeprägten TP-Charakteristik des Übertragungskanals. Aus dem Kurvenverlauf ist erkennbar, daß bei Verzicht an (theoretischer) Übertragungsrate in einer Größenordnung von etwa 40 % die Implementierung von sehr einfachen Systemen mit niedrigen Bitloadingfaktoren und hoher Bandbreiteneffizienz (vgl. Bild 2 und Bild 6) möglich wird. Die hohe Bandbreiteneffizienz dieser Systeme ermöglicht ggfl. durch Nutzung des nicht benutzten oberen Frequenzbereichs eine Steigerung der Datenübertragungsrate auf Werte bei denen

herkömmliche Systeme um 2 höhere Bitloadingfaktoren erfordern würden. Beispiel: Max. Bitloadingfaktor 6 für System mit vollständiger Vergleichmäßigung (Bild 5), Nutzung des oberen Frequenzbereichs (4,4 MHz ... 5,4 MHz, vgl. Bild 5) für ein Verfahren mit Bitloadungsfaktor 3 ergibt eine Gesamtdatenrate von 20 Mbit/Sec. + 3 Mbit/Sec. = 23 Mbit/Sec., eine Rate welche bei herkömmlichen Systemen einen Bitloadingfaktor von 9 (vgl. Bild 6) erfordern würde.

##### **5) Zusammenstellung der besonders schützenswerten Ansprüche des neuartigen Verfahrens zur Verbesserung von Multiträgersystemen jeder Art sowie allgemein von Übertragungssystemen mit mehreren Übertragungskanälen.**

Verfahren zur Erhöhung der Übertragungsrate in linear verzerrenden gestörten Übertragungskanälen (Funk und Draht). (primär theoretisch).

Verfahren zur besseren Ausnutzung der theoretisch zur Verfügung stehenden Übertragungskapazität in linear verzerrenden gestörten Übertragungskanälen (Funk und Draht). (primär theoretisch).

Verfahren zur Erniedrigung der erforderlichen maximalen Bitloadingfaktoren bei gegebener Übertragungsrate in linear verzerrenden gestörten Übertragungskanälen (Funk und Draht) (sehr großer praktischer Wert).

Verfahren zur Findung (theoretisch) suboptimaler Systeme mit niedrigen Bitloadingfaktoren (sehr großer praktischer Wert) und großer Bandbreiteneffizienz (großer praktischer Wert) zur Übertragung über linear verzerrende gestörte Kanäle.

Wie das letzte Beispiel der Beschreibung der Erfindung zeigt bietet die Erfindung sicherlich noch zahlreiche vorteilhafte Implementierungsvarianten welche aus Zeitgründen im Einzelnen noch nicht oder nicht genauer untersucht werden konnten. Daher sollte die Erfindung in allen ihren Variationen geschützt werden.

Verfahren, das zur Orthogonalisierung lediglich Matrix-Operationen benötigt welche nur sehr geringen mathematischen Forderungen genügen müssen. In einfachster Implementierung PN-Transformation oder Hadarmard-Transformation. (sehr großer praktischer Wert).

~~Verfahren welches die Verbindung der erforderlichen Matrixoperationen mit anderen Matrix-Operationen ermöglicht. (sehr großer praktischer Wert).~~

##### **6) Anmerkungen zur Theorie.**

Optimierungskriterium zur Festlegung der Teilkanalgrenzen muß - im mathematischen Sinne - eigentlich die resultierende Restbitfehlerwahrscheinlichkeit bei Verwendung eines bestimmten FEC-Verfahrens sein und nicht die Vergleichmäßigung der spektralen Störleistungsdichte in den einzelnen Teilkanälen. Unter den vorgegebenen Randbedingung (C/N-Verhältnis) kann jedoch diese Optimierung sicherlich durch die Betrachtung des C/N-Ver-



hältnis angenähert werden. Entsprechende Untersuchungen sollen zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen.

Ein Multiträgersignal weist eine Amplitudenverteilung mit einem sehr grossen peak-to-average-power-Verhältnis auf. Näherungsweise kann diese Amplitudenverteilung durch eine Gaußsche Verteilung angenähert werden. Durch die zusätzliche Orthogonaltransformation des Sendesignals erfährt diese Verteilung eine weitere Veränderung. Ob diese Veränderung der Amplitudenverteilung die Anforderungen an die D/A- und A/D-Wandlung der Signale zusätzlich signifikant verschärft, wurde bisher nicht untersucht. Dies soll Aufgabe späterer Arbeiten sein. Es bleibt jedoch die Eigenschaft des neuen Verfahrens, daß am Eingang des Entscheiders Signale mit geringeren Bitloadingfaktoren verarbeitet werden müssen. Aus den geringeren Bitloadingfaktoren resultiert eine grobstufigere Amplitudenquantisierung welche größere lineare oder nichtlineare Signalverzerrungen toleriert.

#### 7) In Erfahrung gebrachte Literatur zum Stand der Wissenschaft.

Zum Thema Multiträgerverfahren für die Übertragung über Funk und DSL existiert zahlreiche Literatur. Es findet sich jedoch nirgends ein Hinweis auf Anwendung des beschriebenen Verfahrens.

---

Lediglich an 2 Stellen konnten nach umfangreichen Recherchen Hinweise auf eine - allerdings völlig andersartige - Anwendung im Bereich der Funkübertragung gefunden werden:

---

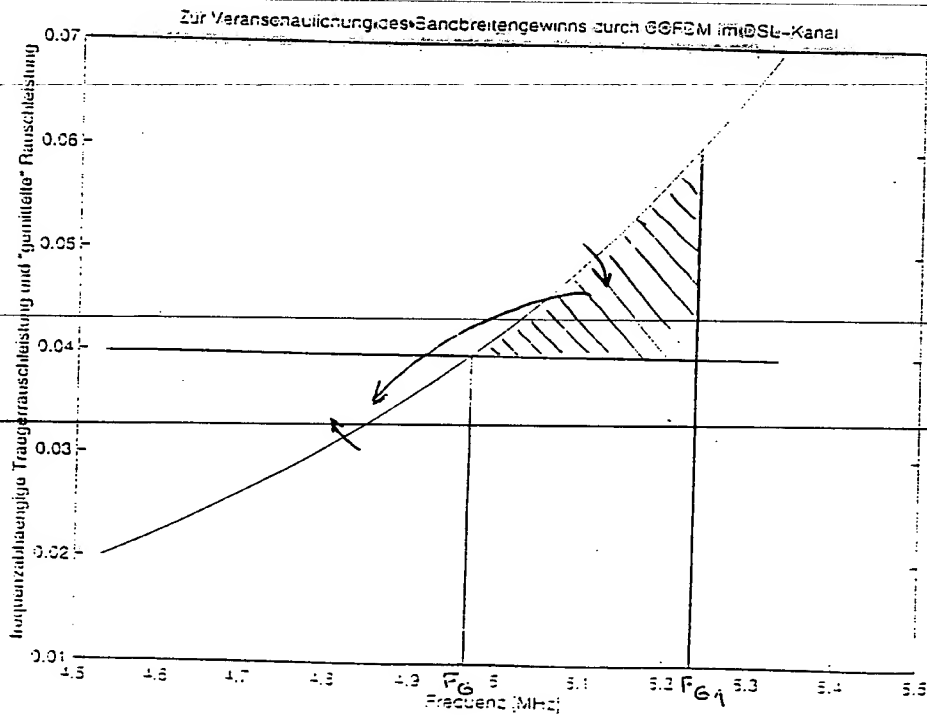
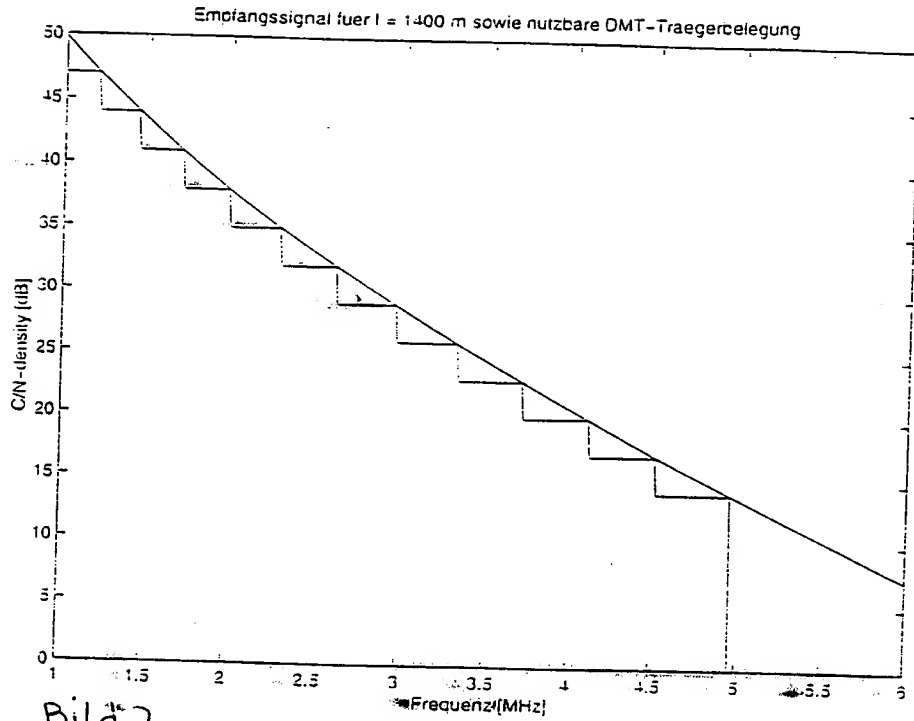
Lindner, Jürgen: Channel Coding and Modulation for Transmission over Multipath Channels, AEÜ, Vol. 49 (1995), No. 3.

Khaled Fazel, Gerhard P. Fettweis.: Multi-Carrier Spread-Spectrum. Tagungsband zum „First International Workshop on Multi-Carrier Spread-Spectrum“, DLR Oberpfaffenhofen 1997.

---

**Bilder und Diagramme.**

---



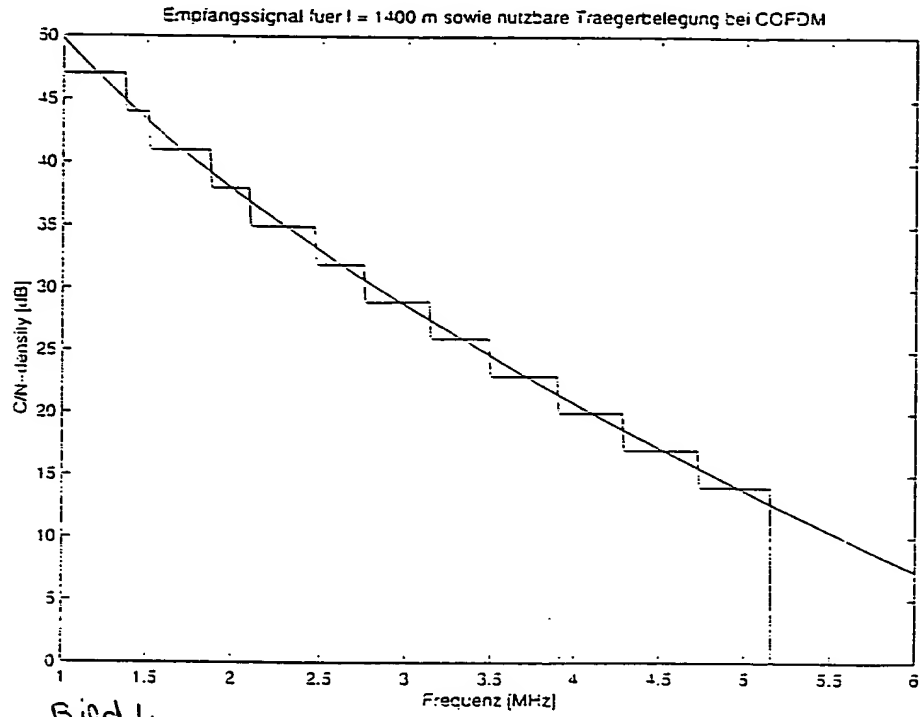


Bild 4

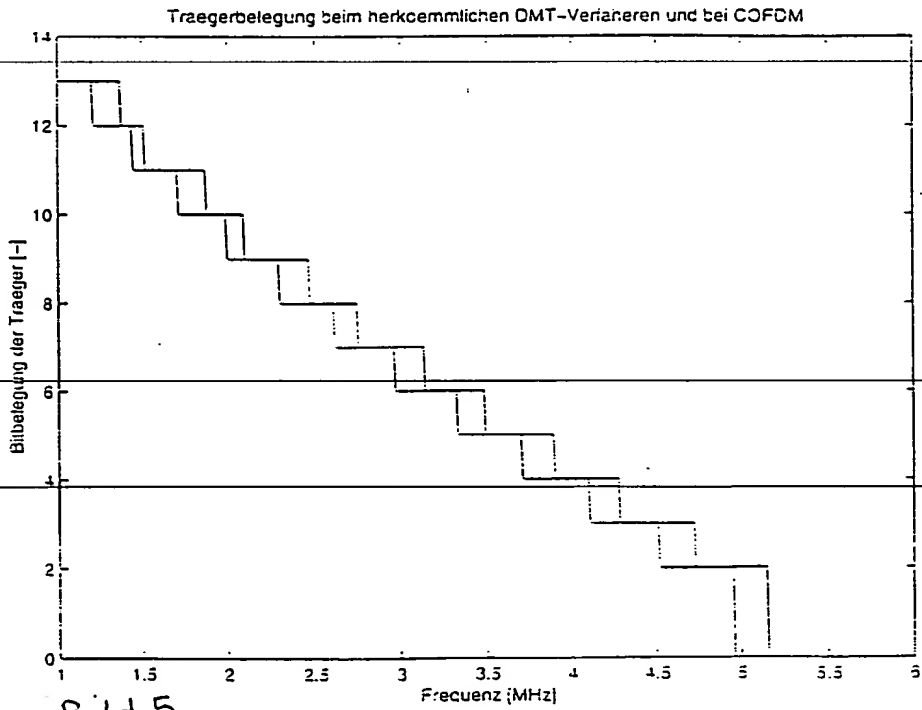
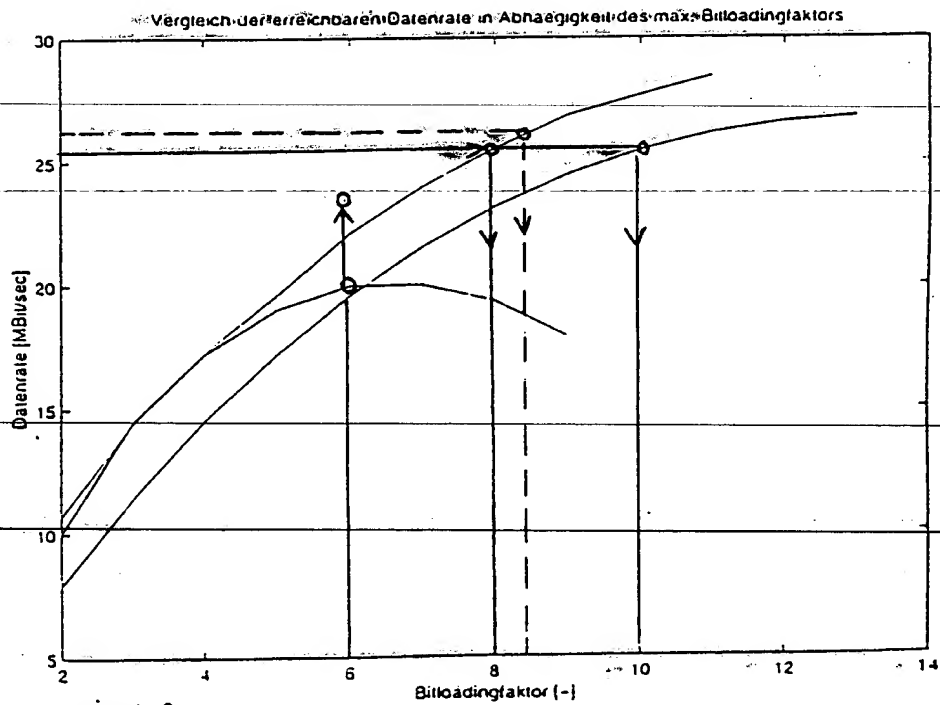
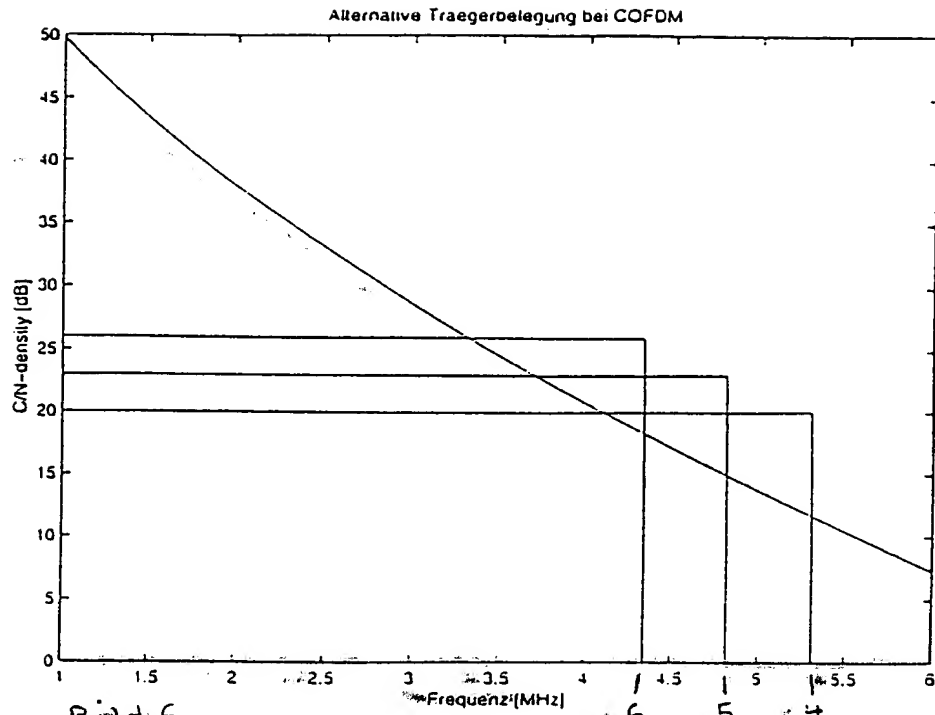


Bild 5



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: \_\_\_\_\_**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**